

# Rancang Bangun Sistem Akuisisi Data Solar Power Meter Berbasis Internet of Things (IoT)

Umar Muhammad<sup>1)</sup>, Syahrul Mustafa<sup>2)</sup>, S.Sofyan<sup>3)</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi Teknik Listrik Politeknik Bosowa

<sup>1)</sup> [umar.muhammad@politeknikbosowa.ac.id](mailto:umar.muhammad@politeknikbosowa.ac.id)

<sup>2)</sup> [syahrul.mustafa@politeknikbosowa.ac.id](mailto:syahrul.mustafa@politeknikbosowa.ac.id)

<sup>3)</sup> Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang

<sup>3)</sup> [sofiantato@poliupg.ac.id](mailto:sofiantato@poliupg.ac.id)

## Abstrak

*Solar power meter* merupakan alat ukur radiasi matahari yang mengukur kerapatan fluks radiasi gelombang pendek matahari ( $W/m^2$ ). Pengukuran radiasi ini penting dalam perencanaan, pengoperasian serta penelitian sistem pembangkit tenaga surya PLTS. Pada penelitian sebelumnya telah dikembangkan alat ukur radiasi matahari menggunakan arduino dan sistem akuisisi data berbasis website. Namun terkendala pada penempatan komputer server karena menggunakan komunikasi serial melalui port USB, sehingga komputer server di tempatkan dibawah alat ukur. Hal ini menyebabkan komputer server terkena paparan sinar matahari. Oleh karena itu, Pada penelitian ini arduino pada alat ukur sebelumnya diganti dengan perangkat IoT NodeMCU8266 yang dapat berkomunikasi melalui wifi. Dengan demikian komputer server dapat ditempatkan pada lokasi yang kondusif. Dari hasil pengujian diperoleh bahwa alat ukur bekerja cukup baik dengan persentase kesalahan dibawah 7.99%. Waktu respon website sangat baik dengan rata-rata dibawah 10 mS. Hasil pengukuran dapat langsung dikonversi ke MS Excel, sehingga sangat memudahkan dalam pengolahan data. Namun juga masih terdapat kekurangan pada sistem komunikasi wifi, karena kecepatan transfer data tergantung pada kecepatan perangkat wifi.

**Keywords:** *Pyranometer, Radiasi Matahari, IoT, database, NodeMCU 8266*

## I. PENDAHULUAN

Energi listrik sudah menjadi kebutuhan masyarakat yang fundamental di era industri 4.0. Energi listrik dapat diperoleh dari berbagai sumber [1]. Salah satunya adalah energi dari radiasi matahari. Radiasi matahari terpancarkan ke bumi dari matahari setelah terjadi reaksi fusi termonuklir [2]. Radiasi matahari atau juga disebut energi surya dirubah menjadi energi listrik menggunakan sel surya (solar cell) [2],[3],[4].

Energi radiasi matahari diukur menggunakan *solar power meter* atau piranometer. Namun pencatatan hasil pengukuran dari alat tersebut masih manual dan harga masih tergolong mahal.[3]. Sementara penggunaan *solar power meter* berperang penting baik pada perencanaan maupun pada saat pengoperasian sistem pembangkit tenaga surya (PLTS) serta praktikum atau penelitian di Laboratorium. Piranometer merupakan alat ukur jenis aktinometer yang digunakan untuk mengukur kerapatan fluks radiasi gelombang pendek matahari ( $W/m^2$ ) dengan panjang gelombang 300 nm sampai 3000 nm yang mengenai permukaan plana berbentuk setengah bola pada sudut  $2\pi$  steradian [5]. Sensor piranometer SP Lite 2 memiliki jangkauan 0 – 70 mV pada radiasi matahari antara 0 – 1000  $W/m^2$  dijelaskan oleh [6].

Pada penelitian sebelumnya telah dikembangkan alat ukur energi radiasi matahari dengan sistem pencatatan atau perekaman data secara otomatis. Pengembangan alat ukur ini dimulai tahun 2018 kemudian dilakukan perbaikan pada penelitian tahun 2019 dan 2020 pada sistem perekaman dan

kemudahan akses data pengukuran,[2][3]. Pada tahun 2020 sistem tersebut dikembangkan menggunakan *website* sehingga data dapat diakses dari komputer yang terhubung ke komputer server yang ditempatkan pada kotak dibawah *solar power meter* fabrikasi tahun 2018. Penempatan komputer ini dilakukan karena sistem komunikasi yang digunakan berupa komunikasi serial melalui port USB sekaligus sebagai suplai daya mikrokontroler dan sensor. Komputer server berupa mini PC produksi Intel. Kebutuhan daya komputer ini disuplai dari panel surya 20 Wp, baterai 12 V 7,2 AH . Akan tetapi terdapat kekurangan pada penempatan komputer server yang terpapar panas matahari dan hanya bertahan 5 jam [3]. Sehingga pada penelitian ini dikembangkan Sistem akuisisi data *solar power meter* berbasis *Internet of Things (IoT)* yang dapat berkomunikasi melalui Wifi.

## II. KAJIAN LITERATUR

Radiasi matahari (*global irradiance*) merupakan energi yang terpancarkan dari proses reaksi fusi matahari yang diterima per unit waktu pada arah tegak lurus luasan permukaan bumi [2]. Energi ini kemudian dikonversi menjadi energi listrik menggunakan *Solar Cell*.

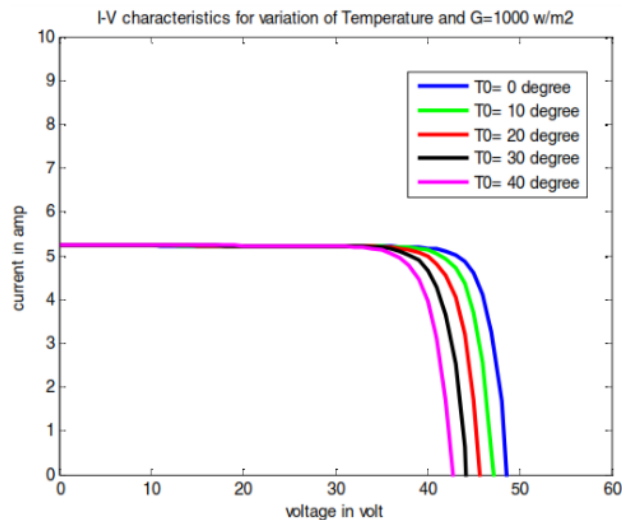
### A. Solar Cell (Sel Surya)

*Solar cell* umumnya terbuat dari silikon dengan ketebalan 0,3 mm yang merupakan komponen penyusun panel surya dan mampu menghasilkan tegangan sebesar 0,5 volt [2]. Tegangan keluaran solar sel dipengaruhi oleh suhu disekitarnya [7]. Seperti ditunjukkan pada gambar 1 [2].

Radiasi matahari yang menimpah *solar cell* dan pengaruh suhu lingkungan disekitarnya dapat diestimasi menggunakan algoritma pada persamaan (1) [2].

$$I_x = \frac{E_i}{E_{i_n}} \times I_{sc} + TCI \times (T - T_n) \quad (1)$$

Persamaan (1) menunjukkan hubungan karekteristik tingkat radiasi dan suhu sesaat pada solar sel. Hubungan ini direalisasikan menggunakan algoritma *fixed point iteration* seperti pada persamaan (2) [2].



Gambar 1. Karakteristik V – I terhadap suhu [1]

$$E_i(n+1) = \frac{I_x \times E_{i_n}}{I_{sc} + TCI \times (T(n) - T_n)} \quad (2)$$

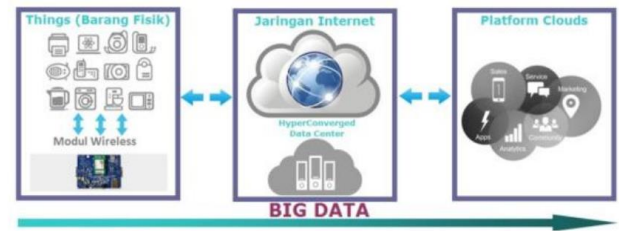
$E_{i_n}$  merupakan standar radiasi matahari yang sampai pada permukaan bumi sebesar  $1000 \text{ W/m}^2$ ,  $I_x$  merupakan arus short circuit sesaat dengan menghubungkan singkat solar sel sedangkan  $TCI$  merupakan *short circuit temperature coeficient* dari *solar cell*, kemudian  $T$  merupakan suhu pada saat pengukuran [2]. Algoritma tersebut diimplementasikan pada perangkat *IoT*

### B. Internet of Things (IoT)

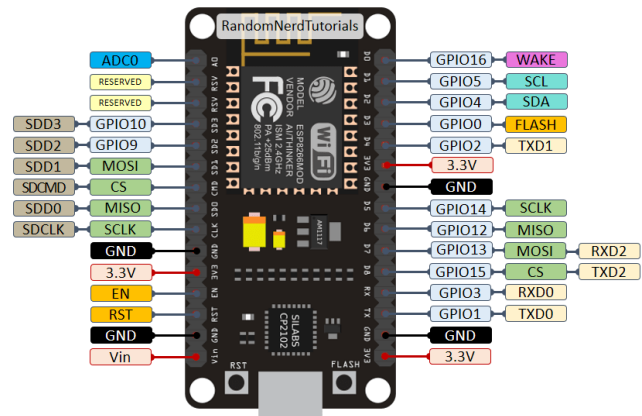
*IoT* merupakan konsep berupa perangkat fisik “things” dengan sistem tertanam yang dilengkapi sensor dan dapat berkomunikasi antar perangkat melalui koneksi jaringan internet [6],[7]. Konsep ini bertujuan untuk meluaskan manfaat dari penggunaan internet dan perangkat teknologi [7]. Konsep *IoT* terdiri dari 3 elemen yaitu model fisik yg dilengkapi modul *IoT*, koneksi internet dan data center, seperti pada gambar 2 [7].

### C. ESP 8266

Salah satu perangkat *IoT* adalah ESP8266 yang bersifat opensource buatan Espressif System [7],[8]. ESP8266 merupakan perangkat System on Chip (SoC) dengan 32 bit MCU, sistem komunikasi wifi 2,4 GHz dan tegangan kerja 3,3 v [9],[10]. Chip ini kemudian ditanam dalam board nodeMCU 8266 dengan fitur seperti pada gambar 3 [11].



Gambar 2. Elemen IoT [6]



Gambar 3. NodeMCU 8266

Sumber : <https://randomnerdtutorials.com/esp8266-pinout-reference-gpios/>

## III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan merancang sistem akuisisi data pengukuran radiasi matahari atau *solar power meter* berbasis *IoT*. Hal ini merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya [3]. Penelitian sebelumnya terdapat kekurangan pada penempatan server dibawah sistem sensor sehingga terpapar panas matahari dengan daya listrik yang terbatas. Maka kekurangan tersebut diatasi dengan menggunakan teknologi *IoT* berupa mikrokontroler yang dilengkapi dengan komunikasi wifi. Teknologi ini digunakan untuk mengganti fungsi dari mikrokontroler dari *solar power meter* sebelumnya. Karena komunikasinya menggunakan wifi, sehingga komputer server dapat ditempatkan pada lokasi yang kondusif. Salah satu teknologi *IoT* tersebut adalah NodeMCU 8266. Blokdiagram sistem akuisisi data *solar power meter* dapat diamati pada gambar 4. Pada rancangan ini menggunakan 3 sensor yaitu :

#### 1. Solar Cell

Solar Cell yang digunakan merupakan produksi Zhiwang dengan tipe ZW-11069. Solar cell di sistem ini berfungsi sebagai sensor untuk mendeteksi cahaya matahari dan mengubahnya menjadi sinyal listrik.

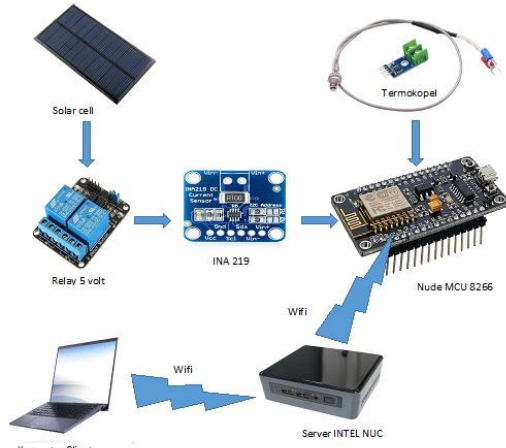
#### 2. Sensor Arus

Sensor arus yang digunakan yaitu INA219 untuk mengukur arus pada saat solar cell di hubung singkat. Cara kerja INA 219 dijelaskan pada [11].

#### 3. Sensor Suhu

Sensur suhu disistem ini berupa termokopel yang dilengkapi dengan driver max6675 agar hasil pengukuran sensor dapat diterima oleh mikrokontroler ESP8266.

NodeMCU 8266 berfungsi sebagai pusat penerima data sensor kemudian mengirimnya ke server. Pada NodeMCU 8266 ditanamkan program untuk membaca hasil pengukuran sensor arus dan termokopel.



Gambar 4. Diagram Sistem Solar Power Meter Berbasis IoT

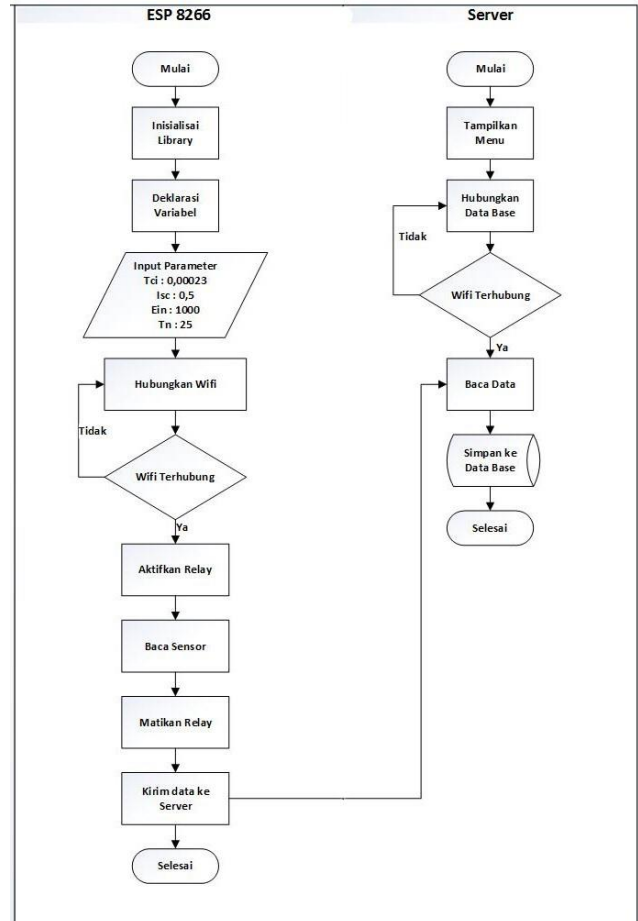
Data ini diolah menjadi data radiasi matahari menggunakan metode *fixed point iteration* seperti ditunjukkan persamaan (2) kemudian mengirimnya ke komputer server. Alur kerja program ditunjukkan flowchart pada gambar 5.

Komputer NUC produksi Intel merupakan computer dengan dimensi kecil 11,5 cm x 11,1 cm x 5,1 cm dan daya 68 W berfungsi sebagai server. Pada server digunakan aplikasi *xampp* untuk mengolah program *website* dan *database*, karena *xampp* dilengkapi program *apache server* dan *MySQL*. Wifi digunakan sebagai media Komunikasi antara komputer NUC dengan NodeMCU 8266 dan komputer Client. Pembuatan aplikasi *website* menggunakan bahasa pemrograman HTML dan PHP.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. Hasil Perancangan Perangkat keras

Perangkat keras terdiri dari sistem sensor sebagai *solar power meter* seperti disajikan pada gambar 6.a dan server seperti tampak pada gambar 6.b. *solar power meter* berupa kotak dengan tampak luar *Solar Cell* dan sensor termokopel. Pada bagian dalam terdapat NodeMCU 8266, max 6675, *relay + driver* dan sensor arus. Spesifikasi alat dan bahan *solar power meter* disajikan pada tabel 1. Pada server terdapat mini PC berupa NUC buatan Intel dengan spesifikasi disajikan pada tabel 2.



Gambar 5. Flowchart alur kerja NodeMCU 8266 dan Server

Tabel 1. Alat Solar Power Meter

No.	Alat/bahan	Spesifikasi
1	Solar cell	VOC: 5,5 Volt, ISc : 0,5 A P : 1,1 Watt. Dimensi : 11cm x 6cm x 0,25cm, jenis polycrystal silycon
2	Voltage, Current and Power modul	0.1 ohm 1% 2W current sense resistor, Up to +26V target voltage, Up to ±3.2A current measurement, with ±0.8mA resolution, 0.9" x 0.8" PCB
5	NodeMCU 8266	The NodeMCU8266 is a microcontroller board based on the ESP 8266, 13 GPIO pins (of which 6 can be used as PWM outputs), 1 analogue inputs 80 MHz ceramic resonator, USB connection, wifi 2,4 GHz, Power supply: 3,3 - 5 VDC
6	Sensor suhu	K-thermocouple Sensor, Max 6675 Driver, Communicates using SPI method, Operating voltage: 3V to 5V, Temperature Range: -20°C to +80°C, Accuracy: ±0.5°C

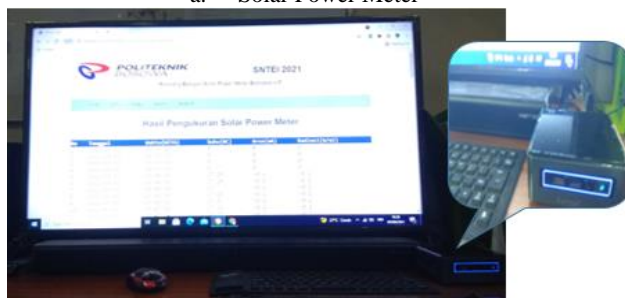


Tabel 2. Alat Solar Power Meter

No.	Alat/bahan	Spesifikasi
1	Mini PC	Intel NUC6CAHY, HD Graphics 500, full-sized HDMI, dual band wireless(802.11ac), Bluetooth 4.2, USB Port.Processor Intel® Celeron® Processor J3455 (2M Cache, up to 2.3 GHz)
2	Sistem Operasi	Windows 10 64 bit
3	Program Aplikasi	Netbeans 8.2, XAMPP win 32, Chrome, Arduino 1.8.2



a. Solar Power Meter



b. Komputer Server

Gambar 6. Hasil Rancangan Solar Power Meter Berbasis IoT

## B. Hasil Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak terdiri dari 2 bagian yaitu program pada *sketch* arduino yang ditanamkan pada NodeMCU 8266 untuk membaca sensor kemudian menjalankan algoritma *fixed iteration point* dan mengirimnya ke server. Sedangkan pada server digunakan bahasa pemrograman PHP dan HTML. Tampilan perangkat lunak terdiri dari 5 tombol menu. Menu HOME memberikan informasi tentang ringkasan sistem. Menu DATA memberikan informasi data terakhir yang dikirim oleh sistem sensor. Menu TABEL memberikan informasi tentang hasil pengukuran yang telah dilakukan oleh sistem sensor ditunjukkan oleh gambar 7. Pada menu ini dilengkapi tombol konversi

data ke excel, sehingga data yang tersimpan di database dapat diunduh baik pada komputer server maupun di komputor client. File yang diunduh dari server berupa file excel sehingga data dapat langsung diolah seperti disajikan pada gambar 9. Menu GRAFIK untuk menampilkan data pengukuran dalam bentuk grafik seperti tampak pada gambar 8. Pada menu penelitian menunjukkan identitas peneliti. Pada menu DATA, TABEL, GRAFIK dilengkapi *script page created* untuk mengetahui waktu respon website baik server atau *localhost* maupun client.

No	Tanggal	Waktu(WITA)	Suhu(°C)	Arus(mA)	Radiasi(W/m2)
1	2021-09-02	07:45:39	28.5	0.1	0.63
2	2021-09-02	07:46:24	29	3.9	24.56
3	2021-09-02	07:47:25	29	3.9	24.56
4	2021-09-02	07:48:27	29	3.9	24.56
5	2021-09-02	07:49:29	28.5	3.8	23.94
6	2021-09-02	07:50:33	29	3.8	23.93
7	2021-09-02	07:53:43	29.25	12.6	79.35
8	2021-09-02	07:54:48	29.25	12.7	79.98
9	2021-09-02	07:56:55	29	12.7	79.99
10	2021-09-02	07:57:56	29.25	12.5	78.72
11	2021-09-02	07:58:58	29.5	12.1	76.19
12	2021-09-02	07:59:59	28.5	12.2	76.86

Gambar 7. Tampilan Tabel pada website



Gambar 8. Tampilan Grafik pada Website

No	Tanggal	Waktu	Suhu(C)	Arus(A)	Radiasi(W/m2)
1	9/2/2021	7:45:39	28.5	0.1	0.63
2	9/2/2021	7:46:24	29	3.9	24.56
3	9/2/2021	7:47:25	29	3.9	24.56
4	9/2/2021	7:48:27	29	3.9	24.56
5	9/2/2021	7:49:29	28.5	3.8	23.94
6	9/2/2021	7:50:33	29	3.8	23.93
7	9/2/2021	7:53:43	29.25	12.6	79.35
8	9/2/2021	7:54:48	29.25	12.7	79.98
9	9/2/2021	7:56:55	29	12.7	79.99
10	9/2/2021	7:57:56	29.25	12.5	78.72
11	9/2/2021	7:58:58	29.5	12.1	76.19
12	9/2/2021	7:59:59	28.5	12.2	76.86

Gambar 9. Tampilan file excel

### C. Hasil Pengujian

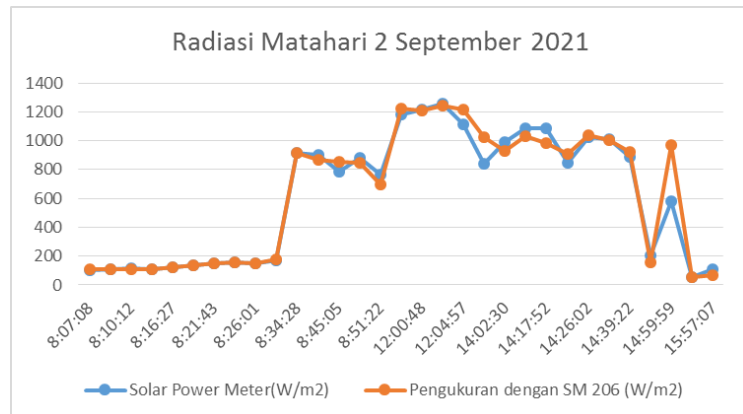
Pengujian sistem *solar power meter* dilaksanakan pada hari Kamis tanggal 2 September 2021 dari jam 7.45 WITA sampai jam 16.28 WITA diperoleh 180 data. Data tersebut dikirim dari *solar power meter* ke server setiap 60 detik. Data yang terekam pada database dapat ditampilkan oleh website seperti ditunjukkan gambar 7,8,9. Grafik yang disajikan pada gambar 8 menunjukkan bahwa energi dari radiasi matahari sangat fluktuatif dan puncak tertingginya antara jam 12.00 WITA sampai 14.00 WITA. Sedangkan waktu respon website yang disajikan pada tabel 3 memperlihatkan bahwa respon menu DATA lebih cepat dibanding yang menu lain.

Tabel 3. Pengujian Waktu Respon Website

No	Menu Website	Waktu (mS)		Selisih (mS)
		Localhost	Client	
1	Data	0.019	0.02	0.001
2	Tabel	0.722	5.959	5.237
3	Grafik	8.948	18.631	9.683
4	Excel	30.137	11.663	18.474
Rata - rata				8.34875

### D. Analisis

Perbandingan hasil pengukuran *solar power meter* dengan *Pyranometer SM206* disajikan menggunakan grafik pada gambar 10. Pada grafik tersebut diperoleh rata-rata persentase kesalahan 7.99%. Jumlah data yang terekam pada database hanya 180 data pada rentan waktu pengukuran 9 jam 13 menit. Proses pengiriman data dari NodeMCU 8266 diset setiap 60 detik. Namun selisih waktu pengiriman yang terekam pada database lebih dari 60 detik seperti yang disajikan pada tabel 5. Sehingga dalam setiap jam seharusnya data yang terekam 60 data, dalam database hanya terekam sekitar 30-40 data saja. Hal ini disebabkan jaringan wifi yang digunakan merupakan hotspot dari smartphone yang juga digunakan berkomunikasi saat pengujian.



Gambar 10. Grafik hasil pengukuran *solar power meter* dan *Pyranometer SM206*

Tabel 4. Persentase kesalahan

No	Tanggal	Waktu	Solar Power Meter(W/m2)	Pengukuran dengan SM 206 (W/m2)	%Kesalahan
1	9/2/2021	8:07:08	104.53	107.4	2.75
2	9/2/2021	8:08:09	110.17	108.3	1.70
3	9/2/2021	8:10:12	112.69	107.2	4.87
4	9/2/2021	8:14:18	112.03	112.4	0.33
5	9/2/2021	8:16:27	119.59	121	1.18
6	9/2/2021	8:19:35	136.57	137.7	0.83
7	9/2/2021	8:21:43	152.26	150.7	1.02
8	9/2/2021	8:22:47	160.41	159.5	0.57
9	9/2/2021	8:26:01	148.46	153.2	3.19
10	9/2/2021	8:29:15	171.14	175.7	2.66
13	9/2/2021	8:34:28	918.72	918	0.08
14	9/2/2021	8:39:39	900.85	869	3.54
15	9/2/2021	8:45:05	786.29	856	8.87
16	9/2/2021	8:47:13	885.01	849	4.07
17	9/2/2021	8:51:22	768.05	695	9.51
18	9/2/2021	11:59:47	1184.84	1222	3.14
19	9/2/2021	12:00:48	1217.01	1212	0.41
20	9/2/2021	12:03:56	1259.25	1242	1.37
21	9/2/2021	12:04:57	1116.59	1220	9.26
23	9/2/2021	13:58:25	842.64	1025	21.64
24	9/2/2021	14:02:30	989.88	932	5.85
25	9/2/2021	14:11:42	1084.18	1033	4.72
26	9/2/2021	14:17:52	1085.94	987	9.11
27	9/2/2021	14:18:53	845.67	907	7.25
28	9/2/2021	14:26:02	1023.84	1041	1.68
29	9/2/2021	14:28:04	1009.73	1002	0.77
30	9/2/2021	14:39:22	888.36	922	3.79
31	9/2/2021	14:47:38	202.28	156.6	22.58
32	9/2/2021	14:59:59	579.18	973	68.00
33	9/2/2021	15:45:56	56.55	52	8.05
34	9/2/2021	15:57:07	109.4	71.2	34.92
				Rata-rata	7.99

Tabel 5. Selisih waktu perekaman data

No	Tanggal	Waktu	Suhu(C)	Arus(A)	Radiasi(W/m2)	Selisih waktu
1	9/2/2021	7:45:39	28.5	0.1	0.63	
2	9/2/2021	7:46:24	29	3.9	24.56	0:00:45
3	9/2/2021	7:47:25	29	3.9	24.56	0:01:01
4	9/2/2021	7:48:27	29	3.9	24.56	0:01:02
5	9/2/2021	7:49:29	28.5	3.8	23.94	0:01:02
6	9/2/2021	7:50:33	29	3.8	23.93	0:01:04
7	9/2/2021	7:53:43	29.25	12.6	79.35	0:03:10
8	9/2/2021	7:54:48	29.25	12.7	79.98	0:01:05
9	9/2/2021	7:56:55	29	12.7	79.99	0:02:07
10	9/2/2021	7:57:56	29.25	12.5	78.72	0:01:01
11	9/2/2021	7:58:58	29.5	12.1	76.19	0:01:02
12	9/2/2021	7:59:59	28.5	12.2	76.86	0:01:01
13	9/2/2021	8:01:00	28.75	12.6	79.37	0:01:01
14	9/2/2021	8:02:00	29	12.9	81.25	0:01:00
15	9/2/2021	8:03:02	29	13.4	84.4	0:01:02
16	9/2/2021	8:04:04	29.25	14	88.17	0:01:02
17	9/2/2021	8:05:05	29.5	14.8	93.2	0:01:01
18	9/2/2021	8:06:07	29.25	15.6	98.24	0:01:02
19	9/2/2021	8:07:08	29.5	16.6	104.53	0:01:01
20	9/2/2021	8:08:09	30	17.5	110.17	0:01:01
21	9/2/2021	8:09:10	30.25	17.7	111.42	0:01:01
22	9/2/2021	8:10:12	30	17.9	112.69	0:01:02

## V. KESIMPULAN

*Solar power meter* berbasis *IoT* yang telah difabrikasi menunjukkan kinerja yang cukup baik dengan persentase kesalahan rata-rata 7,99%. Sedangkan pada sistem akuisisi data, waktu respon antara *localhost* dan *client* diperoleh rata-rata selisih waktu kurang dari 10 mS. Penggunaan sistem *IoT* dapat mempermudah pengambilan data pengukuran radiasi matahari, sehingga dapat membantu para peneliti, perancang dan operator PLTS.

Sistem ini masih memiliki kekurangan pada koneksi jaringan wifi. Karena jumlah data yang terekam akan sangat tergantung pada ketersediaan dan kecepatan akses wifi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada LLPM Politeknik Bosowa yang telah memberikan arahan dan bantuan selama proses penelitian berlangsung.

## REFERENSI

- [1] S. Mustafa, A. Arief, and M. B. Nappu, "Optimal capacitor placement and economic analysis for reactive power compensation to improve system's efficiency at Bosowa Cement Industry, Maros," in *2018 International Conference on Information and Communications Technology (ICOIACT)*, 2018, pp. 778–783.
- [2] U. Usman, U. Muhammad and N. R. Wobowo, "Rancang Bangun Solar Meter dengan Sistem Data Logger Berbasis Mikrokontroler," *Semin. Nas. Tek. Elektro dan Inform.* vol. 5, no. September 2018, 2018, pp. 165–170.
- [3] U. Muhammad, S. N. Fitri, and A. A. Rahmansyah, "Rancang Bangun Monitoring Data Pyranometer Berbasis Website," *Pros. Semin. Nas. Tek. Elektro dan Inform.* vol. 7, 2020, pp. 96–101.
- [4] H. Monika putri, Dedy Irawan, and D. Rudhistiar, "Data Logger Intensitas Cahaya Matahari Berbasis Nodemcu Untuk Menentukan Lokasi Penempatan Solar Cell," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 5, no. 1, 2021, pp. 187–193.
- [5] J. A. Sashiomarda and D. Prabowo, "Perancangan Peralatan Untuk Pengukuran Radiasi Gelombang Pendek Matahari," *Meteorol. Klimatologi dan Geofis.*, vol. Vol. 3, no. 3, 2016.
- [6] W. Winasis, A. W. W. Nugraha, I. Rosyadi, and F. S. T. Nugroho, "Desain Sistem Monitoring Sistem Photovoltaic Berbasis Internet of Things (IoT)," *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 5, no. 4, 2016.
- [7] Y. Efendi, "Internet Of Things (IoT) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile," *J. Ilm. Ilmu Komput.*, vol. 4, no. 2, 2018, pp. 21–27.
- [8] E. N. Cahyono and A. Kiswantono, "Mini Scada Plts Berbasis Arduino Uno Dan Visual Basic Menggunakan Web Api Crud," *SinarFe7*, 2019, pp. 441–446.
- [9] S. Samsugi, A. Ardiansyah, and D. Kastutara, "Arduino dan Modul Wifi ESP8266 sebagai Media Kendali Jarak Jauh dengan antarmuka Berbasis Android," *J. Teknoinfo*, vol. 12, no. 1, 2018, p. 23.
- [10] T. Hidayat, "Rancang Bangun Smart Meter Berbasis IoT Untuk Aplikasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Microgrid," *J. Tek. Elektro ITP*, vol. 8, no. 2, 2019, pp. 87–92.
- [11] H. T. Monda, F. Feriyonika, and P. S. Rudati, "Sistem Pengukuran Daya pada Sensor Node Wireless Sensor Network," *Pros. Ind. Res. Work. Natl. Semin.*, vol. 9, 2018, pp. 28–31.